

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a
informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského
inženýrství

**Analýza a detekce Braillova písma založená na principu
automatizované analýzy obrazového signálu**

**Braille text Analysis and Detection based on Automatic
Image Recognition**

2016

Veronika Ludinová

Zadání bakalářské práce

Student: **Veronika Ludinová**
Studijní program: **B2649 Elektrotechnika**
Studijní obor: **3901R039 Biomedicínský technik**
Téma: **Analýza a detekce Braillova písma založená na principu automatizované
analýzy obrazového signálu
Braille text Analysis and Detection based on Automatic Image
Recognition**
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor analýzy znakových symbolů a metod zpracovávání obrazu.
2. Návrh a vývoj algoritmu pro detekci a zpracování obrazu raženého a tištěného Braillova písma.
3. Implementace algoritmu analýzy obrazového signálu.
4. Realizace aplikace pro analýzu a detekci Braillova písma.
5. Vizualizace a srovnání naměřených výsledků s teoretickými předpoklady.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] BOVTK, Alan C. *Handbook of Image and Video Processing*. 1. vyd. San Diego: Academic Press, c2001. 891 s. ISBN 0-12-119790-5.
[2] HALOUNOVÁ, Lena. *Zpracování obrazových dat*. 1. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2009. 102 s. ISBN 978-80-01-04252-3.
[3] PHILLIPS, Dwayne. *Image processing in C*. Lawrence Kansas: R & D Publications, 1994. ISBN 0-13-104548-2.
[4] HLAVÁČ, Václav a Miloš SEDLÁČEK. *Zpracování signálů a obrazů*. 2. přeprac. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 255 s. ISBN 978-80-01-03110-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Macháček, Ph.D.**

Datum zadání: **01.09.2014**

Datum odevzdání: **29.04.2016**


doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, C.Sc.
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovnou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.“

Ostrava 29.4.2016

Podpis: 

Poděkování:

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu ing. Macháčkovi, Ph.D. za odhovou pomoc, nezměrnou trpělivost a ochotu při řešení této práce, zvláště při jejím programovém zpracování. Dále bych ráda poděkovala svým rodičům, sourozencům, přátelům a partnerovi za neustálou důvěru v mou osobu, za povzbuzování a trpělivost v nejnáročnějších chvílích.

Ostrava 29.4.2016

Podpis: 

Abstrakt

Tato práce se zabývá obrazovou analýzou Braillova písma pomocí algoritmů a následné přeložení libovolného písmene. Na začátku práce je stručně popsána historie Braillova písma a historický přístup k nevidomým všeobecně. Také je zmíněna celková koncepce zadání Braillova písma a je představena česká abeceda pro nevidomé. Další část práce se zabývá slepotou, jejím vyšetřováním a určováním a možnostmi jejího získání. V nejrozsáhlejší části práce s názvem koncepce programu je představeno základní zpracování písmene v programu matlab a vysvětlení základních pojmů a definic nutných pro zpracování. V druhé části koncepce je krok po kroku představen funkční program pro překlad písmen. Další součástí této práce je představení výsledků, v závěru se nachází zhodnocení funkčnosti programu a analýza možných chyb

Klíčová slova

Slepota, Braillovo písmo, zpracování obrazu, detekce objektu, překlad obrazu, analýza obrazu

Abstract

This work deals with image analysis algorithms using Braille and the subsequent transfer of any letter. At the beginning of the paper briefly describes the history of Braille and historical approach to the blind in general. Also mentioned is the overall concept of the assignment of Braille and introduces Czech alphabet for the blind. Another part deals with blindness, its investigations and identifying and possibilities of its acquisition. In the largest part of the work named program concept is introduced in the initial processing point MATLAB and explanation of basic concepts and definitions necessary for processing. In the second part of the concept is a step by step presented a working program for the translation of the letters. Another part of this work is to present the results, the conclusion is to evaluate the performance of the program and an analysis of possible errors

Keywords

Blindness, Braille, image processing, object detection, image translation, image analysis

Obsah

Obsah.....	5
Seznam ilustrací	6
Úvod.....	7
Teoretický rozbor chorob ztráty zraku a Braillova písma	8
Základní problematika.....	8
Historie Braillova písma.....	8
Slepota.....	11
Metody pro určení stupně slepoty a rozdělení slepoty podle závažnosti	11
Způsoby získání slepoty	13
Návrh vyvíjeného programu pro analýzu a detekci Braillova písma	16
Digitalizace	16
Potlačení šumu	16
Rozpoznání objektů.....	16
Vlastní fyzikální analýza	16
Segmentace obrazu.....	17
Prahování.....	17
Dilatace a eroze	17
Zpracování písma v prostředí matlab	19
Realizace programu pro analýzu a detekci Braillova písma	25
Popis realizovaného uživatelského prostředí pro analýzu a detekci Braillova písma	25
Zpracování.....	27
Překlad.....	28
Vývojový diagram pro analýzu a detekci Braillova písma	22
Struktura použitých metod pro analýzu.....	23
Verifikace vyvinutého systému pro analýzu a detekci Braillova písma.....	30
Závěr	34
Literatura	5
Přílohy	6

Seznam ilustrací

1. Obr. 1.Sada písmen Braillova písma.....	9
2. Obr. 2.Přehled interpunkce Braillova písma	10
3. Obr. 3.Přehled čísel Braillova písma.....	10
4. Obr. 4.Snellenova tabule.....	12
5. Obr. 5.šedý zákal	13
6. Obr. 6.zelený zákal	14
7. Obr. 7.Trachom	14
8. Obr. 8.původní písmeno ve formátu tiff	19
9. Obr. 9.původní písmeno ve formátu jpg.....	19
10. Obr. 10.Vykreslení histogramu a původního obrázku do jednoho grafu.....	19
11. Obr. 11.Prostředí imtool	20
12. Obr. 12.matlab kód pro zpracování	20
13. Obr. 13.Výřez pixelové mapy	21
14. Obr. 14.Kontrastová mapa	21
15. Obr. 15.Příklad použití Braillova písma	22
16. Obr. 16.Základní GUI bez jakýchkoliv zásahů uživatele	25
17. Obr. 17.ukázka webcam GUI.....	26
18. Obr. 18.GUI s načteným obrazem	27
19. Obr. 19.Ukázka zpracování.....	28
20. Obr. 20.Celkový výstup programu.....	29

Úvod

Hlavním úkolem této bakalářské práce je vytvoření algoritmu pro zpracování znaku Braillova písma, která vytvoří překlad tohoto znaku do českého jazyka bez potřeby dalšího zadávání údajů.

Mělo by se jednat o program, který přečte například písmenko z tabule výtahu a na základě automatizovaného zpracování provede překlad.

V úvodu práce je popsána základní metodika zpracování Braillova písma, jeho popis rozdělení a shrnutí znaků.

V druhé části práce je zpracován pohled na nevidomé osoby v historii a dnes. Zejména v historických dobách byl přístup k nevidomým lidem velmi alarmující, dnešní společnost se spíše snaží usnadnit nevidomým životní dráhu a dodat jim sebevědomí pro další činnost, aby nebyli tito lidé odsunuti na okraj společnosti jak tomu bývalo v dobách minulých. V této kapitole je také zmíněna první metodika pro čtení nevidomých, za kterou je představená základní sada znaků pro český jazyk

Tento program umožňuje další přiblížení k nevidomým lidem.

Bylo nutné naučit se základní znaky Braillova písma a uvědomit si jakým způsobem tito lidé žijí denně.

Další kapitolou je samotná slepota, metody zjištění úrovně postižení a nejčastější choroby, způsobující částečnou nebo úplnou slepotu.

V kapitole pro realizaci programu je na počátku představena základní metodika pro zpracování obrazu v prostředí Matlab a vysvětlení dalšího postupu práce.

Pro samotné vypracování algoritmu bylo nutné seznámit se s metodami zpracování obrazu v prostředí Matlab. Pro lepší názornost a jednoduchost ovládání bylo v tomto programu zvoleno Grafické rozhraní, díky kterému jsou jednotlivé součásti algoritmu přehledné a jednoduché. Součástí této kapitoly je také základní zpracování obrázku pomocí funkce `imshow`, která umožňuje pochopení celkového principu obrazu v prostředí Matlab.

V druhé části této kapitoly dochází přímo k zpracování písmene krok po kroku, kdy je každý krok podrobně popsán a vysvětlen. Vše je doplněno ilustracemi pro lepší orientaci v postupu zpracování

Tato kombinace umožňuje zpracovat jakékoliv písmeno, se kterým se může běžný člověk setkat.

Teoretický rozbor chorob ztráty zraku a Braillova písma

Základní problematika

Braillovo písmo bylo vytvořeno jako speciální druh znaků pro osoby s těžkým zdravotním postižením nebo pro osoby zcela nevidomé. Jeho koncept umožňuje osobám čtení pomocí hmatových receptorů rukou.

Základem této metody je 6 bodů uspořádaných do obdélníku, který si lze představit jako mřížku

2 x 3. Každý z těchto bodů je definován vtlačnou hmatatelnou tečkou nebo prázdným polem. Tímto způsobem lze ze základu definovat 64 různých znaků. Představíme-li si prázdné pole jako mezeru mezi jednotlivými slovy, lze tímto způsobem definovat 63 numerických a textových znaků.

([9],[11])

Historie Braillova písma

V období před ranným středověkem byly osoby s jakýmkoliv postižením, včetně zrakového postižení, fyzicky likvidovány z důvodů rostoucí a vyvíjející se společnosti, která nestála o slabší články.

V ranném středověku se snaha péče o nevidomé stala prostředkem pro pouhé přežití daného jedince, často se tato péče objevovala převážně u dětí z bohatých a vážených rodin.

Postupem času s rostoucí potřebou sociálního zařazení nevidomých se tito lidé stávají členy společnosti bez omezení. Nastala tedy otázka, jak by mohlo být zařazení do společnosti a pracovní nasazení takto postižených jedinců, úplné.

Odpovědí na tuto existenční otázku ve vztahu k nevidomým bylo postupné vytváření systému znaků, kterým by byli schopni nevidomí komunikovat.

V 16. – 18. Století byly objeveny první zmínky o zařazování nevidomých do systému obyvatelstva. Právo na vzdělání nebylo upřeno pouze nejvyšší vstvě obyvatelstva, ostatní nevidomí obývali většinou kláštery jako profesionální modliči, nebo kočovali světem a živili se muzicírováním. Z této doby pocházejí i první zmínky o pokusu vytvořit speciální písmo určeno pro osoby nevidomé.

Samotní nevidomí v této době začínají také usilovat o možnost alespoň základního vzdělání.

Výsledkem tohoto pokusu je založení Akademie slepých hudebníků a básníků v Palermu r. 1661.

Nejchudší vrstva nevidomých byla ještě na počátku 18. Století odsouzená k žebrotě, vyšší vrstva se mohla živit jako potulní muzikanti a byla známá jako vypravěči pohádek, legend, popřípadě pouze ústně sdělovaných zpráv.

Nevidomí byli až do konce 18.století považováni za nevzdělané a neschopné vzdělání.

Roku 1784 je založen první výchovný a vzdělávací ústav v Paříži prosperující učitelem a tlumočníkem francouzského ministerstva Valentinem Halüylym.

Vzdělávání nevidomých však bránily snahy některých jedinců poukázat na zbytečnost z důvodu umědomění si své špatné situace nevidomými.

První zmínky snahy o vytvoření písma pro nevidomé jsou známy již z antického Říma. V knize M. F. Quintiliana Institutio oratoria je sepsána možnost číst ryté nebo tesané texty nevidomými pomocí hmatu. Spis Tabella obsahuje různé vzory písma vyryté do dřevěné plotny.

V 15. Století byl A. Brandolinem sepsán spis o možnostech čtení nevidomými.

V roce 1670 jsou italským mnichem Francescem Lanem Terzim popsány v díle Podromo některé způsoby tajného písma, mezi nimi i písmo pro nevidomé.

V první polovině 19.století byly veškeré snahy o vytvoření písma pro nevidomé na svém vrcholu. Z této snahy vychází jako vítěz Louis Braille se svým dnes známým šestibodovým systémem. Tento systém je zpočátku dlouho odmítán.

V dnešní době je možné použití Braillova písma pro mnohé účely usnadňující nevidomým zařazení do společnosti. Nejčastěji se s tímto písmem setkáváme na baleních léků, na tabulích výtahů, v nemocnicích a v některých spojích MHD. ([7],[9],[10],[11])

Pro větší názornost přikládám celou abecedu znaků pro Českou republiku(obr.1)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
u	v	w	x	y	z				

Obr. 1.Sada písmen Braillova písma

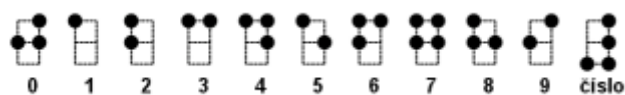
Podle obrázku je patrné, že se jedná pouze o malá písmena bez háček, čárek, bez velkých písmen a čísel.

Pro tato rozlišení slouží interpunkce(obr.2)

, čárka	(2)	⠠	() kulaté závorky	(236...356)	⠠⠠⠠⠠⠠⠠
; středník	(23)	⠠⠠	- pomlčka	(36)	⠠⠠
: dvojtečka	(25)	⠠⠠	/ lomeno	(12456)	⠠⠠⠠
. tečka	(3)	⠠	* hvězdička	(35)	⠠⠠
? otazník	(26)	⠠⠠	Prefix velkého písmene	(6)	⠠⠠
! vykřičník	(235)	⠠⠠⠠	Prefix řetězce velkých písmen	(56)	⠠⠠⠠
' apostrof	(4)	⠠⠠			⠠⠠
„“ uvozovky	(2356...2356)	⠠⠠⠠⠠⠠⠠	Číselný znak	(3456)	⠠⠠⠠

Obr. 2.Přehled interpunkce Braillova písma

Z tohoto obrázku vyplývá že je potřeba použít prefixy pro použití velkého písmena nebo čísla. Čísla jsou tedy s daným prefixem v zastoupení písmen abecedy znaky a – j, kdy j zastupuje číslici nula a písmeno a číslici jedna(obr.3)



Obr. 3.Přehled čísel Braillova písma

Slepota

Základem pro zpracování jakéhokoliv projektu na téma nevidomí, Braillovo písmo a pomoc nevidomým je pochopení podstaty kdo nevidomý ve skutečnosti je.

Metody pro určení stupně slepoty a rozdělení slepoty podle závažnosti

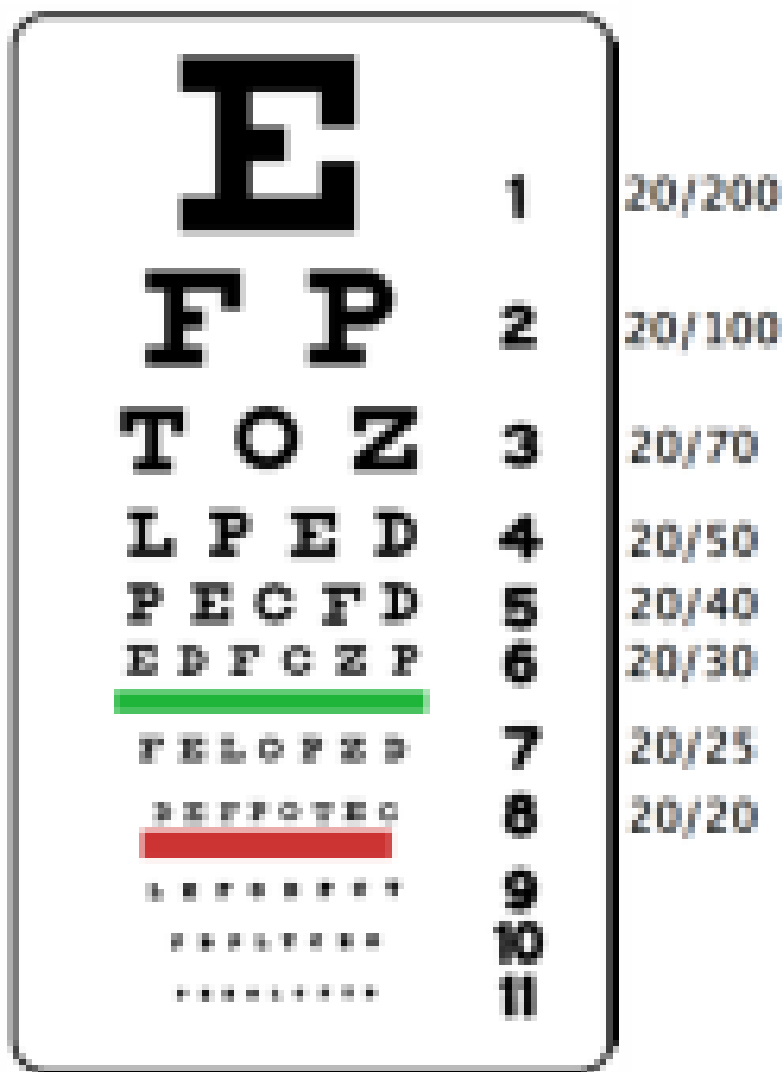
Slepota jako následek onemocnění se rozděluje na dva základní proudy:

1. Slepota úplná – jedná se o úplné zastavení vnímání světla
2. Slepota praktická – snížení zrakových funkcí

Světová zdravotnická organizace(WHO) klasifikuje zraková postižení takto:

Pro tuto klasifikaci je využita Snellenova tabule. Jedná se o diagnostickou pomůcku, kterou je možno vidět v ordinacích praktických lékařů a slouží k diagnostice zrakové ostrosti.

Základem vyšetření je tabule na zdi , jejíž obsahem je jedenáct řádků písmen znakové sady optotyp(obr.4)



Obr. 4. Snellenova tabule

Pacient na vyšetření stojí od této tabule 6 metrů a postupně čte znaky jednotlivých řádků. Písmeno na prvním řádku je vysoké přesně 88 mm. Osoby neschopné přečíst tento znak ani s vhodnými brýlemi jsou považovány za osoby nevidomé. Osoby schopné přečíst řádek 8, velikost písma je 8,8 mm, jsou považovány za osoby s dobrým zrakem.

Snellenův zlomek

V čitateli zlomku je zaznamenána konstanta, která značí vzdálenost pacienta od tabule- 6 metrů (20 stop). Jmenovatel se odvozuje od velikosti řádku kterou byl pacient ještě schopen přečíst. Dobrou kvalitu znaku značí zlomek o velikosti 20/20. Slepota je tedy definována zlomkem 20/200.

Klasifikace poruch zraku podle WHO:

1. Střední slabozrakost – 6/18 – 6/60
2. Silná slabozrakost – 6/60 – 3/60
3. Těžce slabý zrak – 3/60 – 1/50
4. Praktická nevidomost – menší než 1/50
5. Úplná nevidomost

Způsoby získání slepoty

Je mnoho způsobů získání slepoty, mezi základní možnosti patří slepota vrozená, slepota získaná závažnou nemocí a slepota získaná úrazem.

Slepota vrozená

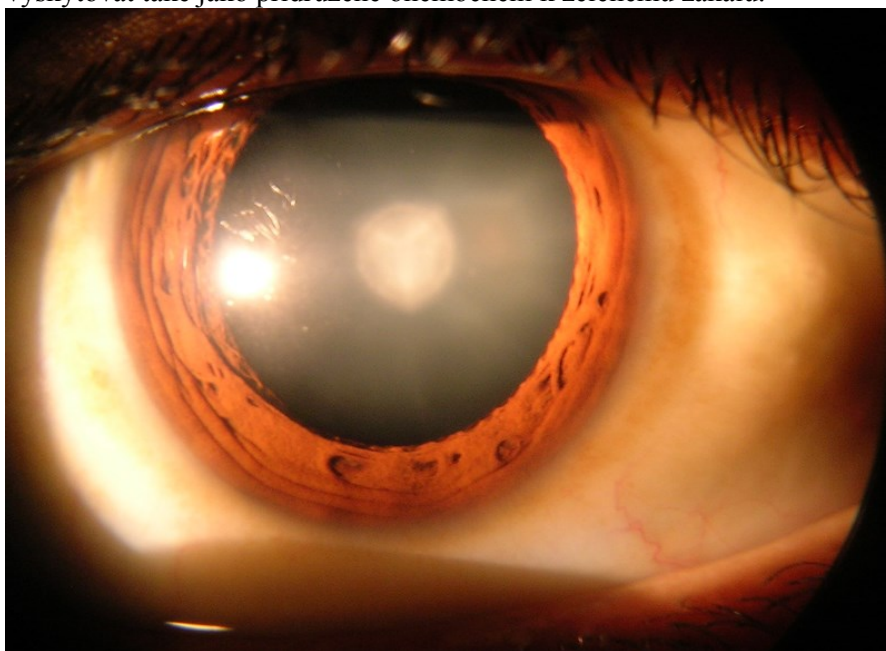
V případě vrozené slepoty se vyskytuje slepota samotná, popřípadě slepota kombinovaná s hluchotou. Častější výskyt slepoty je zaznamenán u albínů nebo u dětí, jejichž matky prodělaly v těhotenství zarděnky. Často se vyskytuje tzv. kolobom, kdy při vývoji plodu dojde k nevytvoření očního ústrojí nebo některých jeho tkání.

Slepota získaná nemocí

Z důvodu velkého množství chorob způsobujících částečnou nebo úplnou slepotu zde budou připomenuty pouze nejčastější a nejznámější z nich

Šedý zákal (katarakta)

Způsobuje až 43% ztráty zraku (průzkum WHO 1997). Při tomto onemocnění dochází z zakalování čočky. Nejčastěji bývá způsoben věkem nebo onemocněním Diabetes Mellitus. Existují případy výskytu šedého zákalu po užívání kortikosteroidů nebo miotik při nesprávném dávkování. Může se vyskytovat také jako přidružené onemocnění k zelenému zákalu.

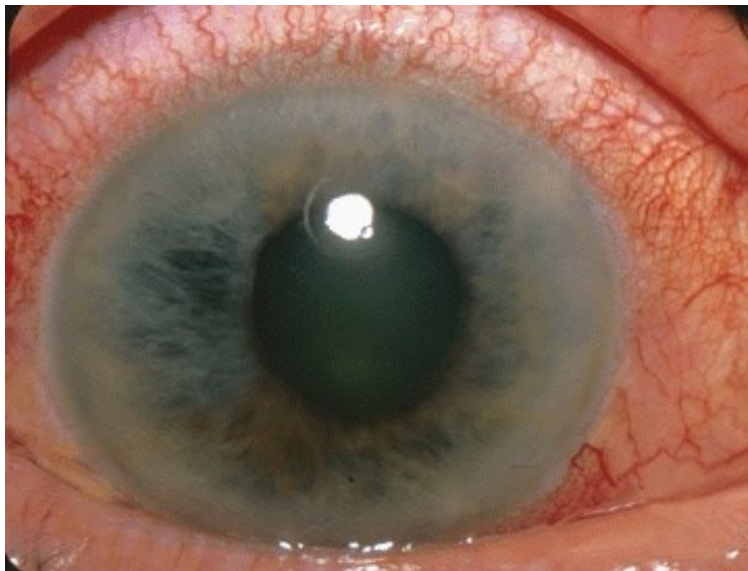


Obr. 5. Šedý zákal

http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Cataract_in_human_eye.png

Zelený zákal(glaukom)

Při tomto onemocnění dochází k poškození zřetelného nervu popřípadě k jeho odumírání. Hlavní příčinou je zvýšený nitrooční tlak. Problémem tohoto onemocnění je jeho nebolestivost a problém s diagnózou. Nemocný o tomto onemocnění neví, dokud nezačne zrak ztrácet. Nejčastější příčinou je věk, rasa (zvýšený výskyt u negroidní rasy), nebo úraz.



Obr. 6.zelený zákal

http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Acute_Angle_Closure-glaucoma.jpg

Zánět spojivky či rohovky(trachom)

Jedná se o infekční onemocnění způsobené bakterií Chlamydia trachomatis. Nejčastější příčina oslepnutí. Při přecházení této nemoci může dojít k bolestivé fázi tohoto onemocnění, kdy se víčka vchlípí dovnitř. Trachom se přenáší sekrety oka nosu a krku, větší pravděpodobnost výskytu je tedy v oblastech se špatnou hygienou.



Obr. 7.Trachom

<http://e-learning.studmed.unibe.ch/augenheilkunde/systematik/bindehaut/trachom.html>

Slepota získaná úrazem

Při některých úrazech může dojít k poškození zrakového nervu nebo celého očního aparátu, který má za následek částečnou nebo úplnou slepotu na jedno nebo na obě oči. Tato varianta se nejčastěji vyskytuje u osob mladších 30 – ti let.

V některých zemích je také možno dohledat trest oslepením, tato varianta je uzákoněna pouze ve dvou zemích světa: Saudská Arábie a Irán ([10],[12])

Návrh vyvíjeného programu pro analýzu a detekci Braillova písma

Základem projektu Bakalářské práce je vytvoření programu, který bude schopen snímat zadanou informaci z tištěného dokumentu, fotografie či videozáznamu.

Nelze tedy u tohoto procesu vypustit proces binarizace obrazu

Při zpracování obrazu musíme využít následující fáze:

- Digitalizace
- Potlačení šumu
- Rozpoznání objektů
- Vlastní fyzikální analýza

Digitalizace

Je nutné převést obraz na pixely (ideálně minimálně rozlišení 512 x 512 .Počet stupňů šedi je 256, tedy na jeden pixel připadá jeden byte.

Potlačení šumu

Pro potlačení šumu po digitalizaci, popřípadě odstranění šumu již na původním obrazci, často se konkrétně u mého zadání bakalářské práce může objevit problém s odšuměním znaků napsaných například na kovovém poli, kdy rozdíly mezi stupni šedi nejsou příliš zřetelné.

Po této fázi musí být většinou zařazen ještě dodatečný způsob binarizace , tedy rozdělíme si pixely do dvou skupin, na pixely černé s hodnotou 1 a pixely bílé s hodnotou 0, černé pixely zastupují objekt, bílé pixely zastupují pozadí.

Rozpoznání objektů

Při této fázi si v samotném obrazu si musíme určit , které pixely označují zadané objekty.

([2],[1])

Vlastní fyzikální analýza

Při zpracování obrazu je nutné při jeho studování postupovat po jednotlivých krocích, první je nutné abychom obraz mohli globálně posoudit, teprve poté je možné ohraničit jednotlivé objekty zájmu a studium jejich vlastností.

Je nutné obraz vždy upravit tak, aby v něm byla možná co nejlepší orientace. Podle stavu zadaného obrazu je provedena změna jasu kontrastu, různé zaostření do té míry kdy skutečně dosáhneme požadovaného stavu.

Segmentace obrazu

Jedná se o krok při zpracování obrazu, díky kterému si můžeme v obraze označit objekty důležité pro další zkoumání. V našem případě se bude jednat o segmentaci na jednotlivá pole šesti bodového pole v jehož jednotlivých částech budeme poté hledat dostatečně velké množství pixelů pro zaznamenání a překlad písma.

Výstupem tohoto kroku je zcela binarizovaný obraz kdy jednotlivé části dosahují hodnot od 1 do 0.

([2],[3])

Prahování

Jedná se o hlavní součást procesu segmentace. Základem prahování je vytvoření histogramu obrazu, kde zjistíme prahovou hodnotu, kterou má program odseparovat. Potom veškeré body nad touto prahovou hodnotou T považujeme za body objektu (object point) veškeré body pod touto hodnotou jsou považovány za body pozadí (background point).

Zvolení vhodného prahu je nedílnou součástí zpracování obrazu a špatně zvolený práh může způsobit neočekávané chování programu, případně se obraz nezpracuje dle očekávání

Principem prahování je vytvoření prahové hodnoty, kdy program všechny body nad touto hodnotou zaznamená jako hodnoty objektu a všechny hodnoty pod touto zaznamená jako hodnoty pozadí.

Definice:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) > T \\ 0 & f(x, y) \leq T \end{cases} \quad [\text{Hájovský}, 73]$$

([2],[5])

Dilatace a eroze

V našem případě bude použita pouze druhá z metod, eroze, jedná se však o operace které se ve většině případů doplňují, proto je nutné zmínit obě možnosti.

Dilatace

Jedná se o metodu kdy dojde ke zvětšení obrazu, používá se zejména k zaplnění děr nebo nerovností v obraze, které jsou touto metodou eliminovány.

Definice:

$$X \oplus B = \{p \in \varepsilon^2, p = x + b, x \in X, b \in B\} \quad [\text{Hájovský}, 138]$$

Dilatace funguje na základu přičtení obrazu B k původnímu obrazu X . Sama dilatace bývá použita pro zvýraznění původního obrazu případně v kombinaci s erozí k zahlázení nerovností v obraze, tato kombinace umožňuje zakrýt nedostatky pomocí dilatace a následně pomocí eroze navrátit obrazu jeho původní tvar, pouze se zahlázením částí, které nechceme zpracovat, případně by mohly způsobit nepřesnosti ve zpracování obrazu.

Eroze

Jedná se o opačnou funkci k dilataci, kdy dojde ke zmenšení objektů (odstranění “slupky”), běžně se využívá k zahlazení drobných nerovností a šumů v obraze, v případě našeho programu je využita pro zmenšení bodů v původním obraze, na základě kterého lze obraz zpracovat.

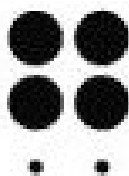
Definice:

$$X \ominus B = \{p \in \varepsilon^2, p = x + b, x \in X, b \in B\} \quad [\text{Hájovský, 141}]$$

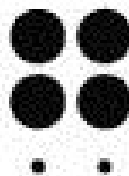
Principem eroze je nadefinování přesně daného tvaru B a jeho aplikace na obraz X, v obraze zůstanou pouze body, které se s obrazem B plně překrývají ([2])

Zpracování písma v prostředí matlab

Pro názornost postupu bylo zpracováno jednotlivé písmeno G zaznamenané Braillovým písmem v prostředí matlab pomocí zpracování obrazu tohoto programu.



Obr. 9.původní písmeno ve formátu jpg

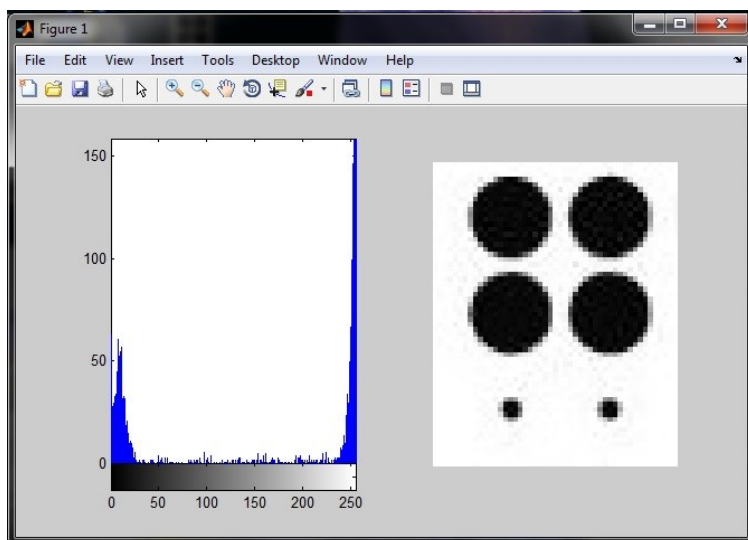


Obr. 8.původní písmeno ve formátu tiff

Prvním krokem bylo převedení původního písmena ve formátu jpg(obr.8) do formátu tiff(obr.9), se kterým se nadále pracovalo v prostředí matlab.

Do programu matlab bylo písmeno načteno příkazem `imread(I)`. Z tohoto načteného obrázku již je možné vypsatí vlastností obrázku pro jeho další zpracování.

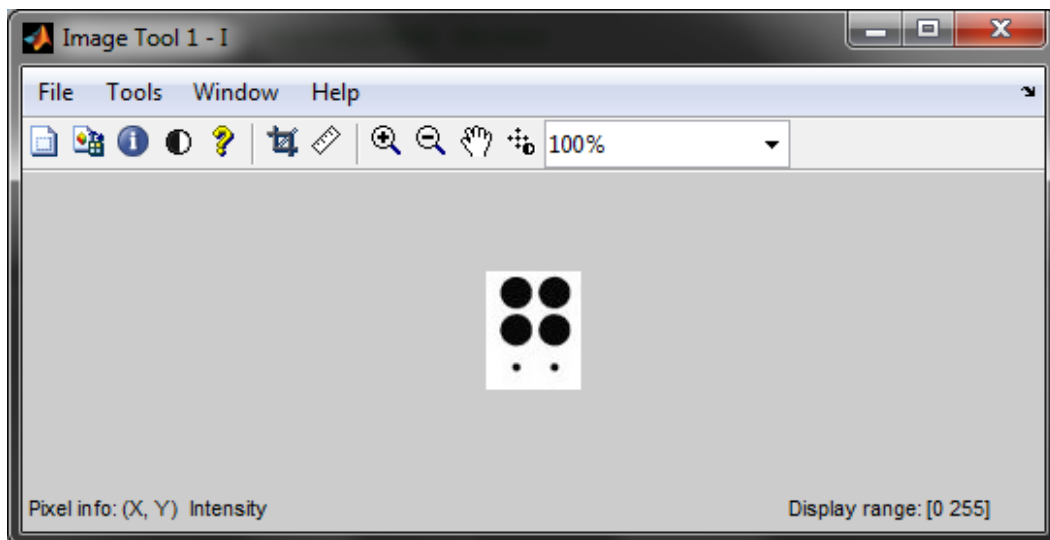
Pomocí příkazu `imhist` byl vykreslen histogram obrázku. Podle tohoto histogramu budou nastaveny meze, na které bude program reagovat při vlastní analýze obrazu. Pro názornost o jaký obrazec se jedná byl vložen histogram i obrázek do jednoho grafu(obr.10).



Obr. 10.Vykreslení histogramu a původního obrázku do jednoho grafu.

Vykreslení obrázku bylo provedeno pomocí příkazu `imshow`. Zápis do jednoho grafu byl umožněn pomocí funkce `subplot`.

Jako další krok bylo vyvolání funkce `imtool`(obr.11), která obsahuje další příkazy pro analýzu obrazu.



Obr. 11. Prostředí imtool

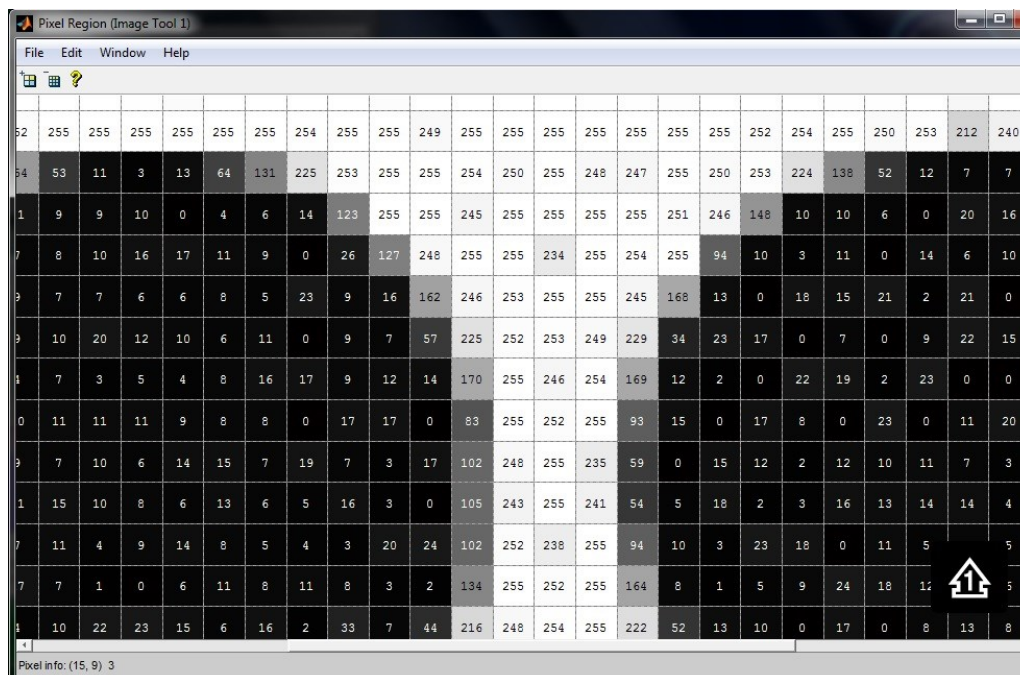
Prostředí imtool je schopné vykreslit ze zadaného obrázku pixelovou mapu (viz obr. 13), pomocí které lze v histogramu definovat pixely, které má dále číst. Z důvodů velikosti pixelové mapy byl pořízen pouze výřez z této mapy pro názornost. Dalším vhodným prvkem je možnost vykreslení kontrastové mapy (obr. 14), ne vždy je písmeno definované jako černé tečky na bílém poli, ale častěji se vyskytuje pouhé zdrsnatění nebo vystoupení znaků např.: na léčích na kovové tabuli výtahu nebo v samotné knize psané Braillovým písmem (viz obr. 15). Pro orientaci postupu jednotlivých částí analýzy je přiložen krátký komentovaný matlab kód (obr. 12). ([2],[3],[6])

```

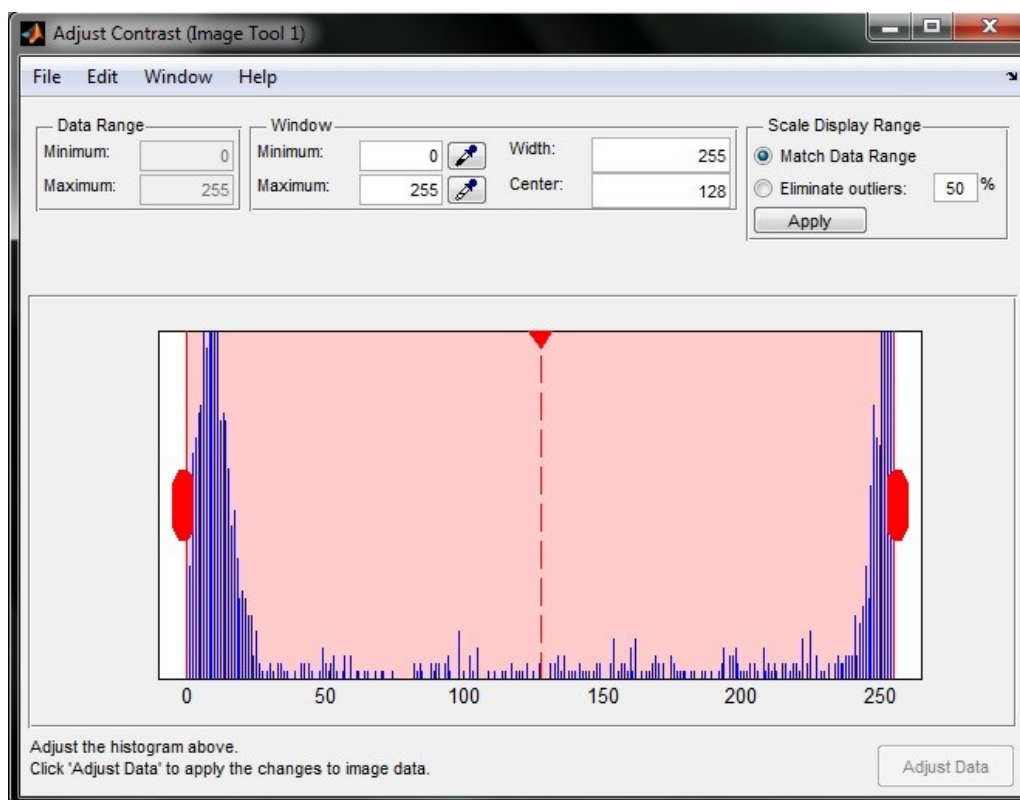
Editor - C:\Users\Verča\Desktop\testBP.m*
EDITOR PUBLISH VIEW
testBP.m* x
1 - I=imread('pismeno.tiff'); %načtení písmena, znaku ze souboru
2 - figure(1); %vytvoření okna které bude obsahovat histogram a obrázek
3 - subplot(1,2,1); %vytvoření podokna pro histogram vlevo
4 - imhist(I); %funkce histogramu
5 - subplot(1,2,2) %vytvoření podokna pro obrázek vpravo
6 - imshow(I); %funkce vyvolání původního obrázku
7 - imtool(I); %vyvolání funkce imtool sloužící pro
8 %zpracování obrazu
script Ln 8 Col 31

```

Obr. 12. matlab kód pro zpracování



Obr. 13. Výřez pixelové mapy



Obr. 14. Kontrastová mapa

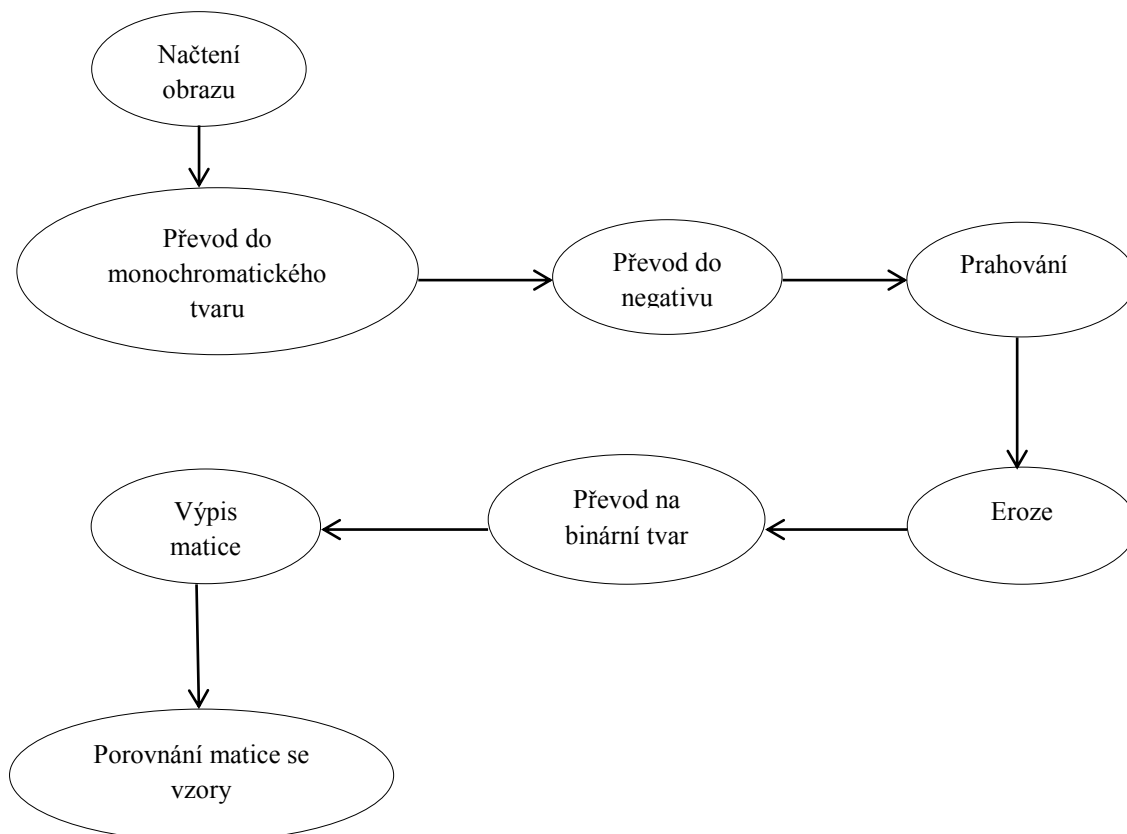


Obr. 15. Příklad použití Braillova písma

Po základním zpracování obrazu který je nutný pro pochopení celkové funkce a zobrazení obrazu v prostředí matlab je nutno přejít k samotnému zpracování obrazu formou příkazů.

Prostředí imtool nebude v bakalářské práci využito, je však nutné k pochopení celkového vnímání obrazu v programu, důležitým krokem je pochopení obrazu matice s přesně definovanými body, které zastupují v matici barvy, případně odstíny šedi, a je nutné se v takto zpracovaných obrazech orientovat. Dle rozhraní imtool můžeme zjistit, že součásti matice nabývají hodnot 0-255 (při zpracování v odstínech šedi) kdy 0 zastupuje barvu bílou naproti tomu 255 zastupuje černé zabarvení. ([5])

Vývojový diagram pro analýzu a detekci Braillova písma



Struktura použitých metod pro analýzu

Načtený vstupní obraz má 3 vrstvy, takovýto obraz ale nelze dále zpracovat, proto se převádí do monochromatického tvaru. Pro zpřesnění detekce je využito prahování, které je nastaveno na hodnotu 110. Všem pixelům nad prahem je přiřazena hodnota 255, což odpovídá bílé barvě. Pod práh 0, což odpovídá černé barvě.

Algoritmus:

```
IM= uigetfile({'*.jpg','*.bmp','*.tif','*.*'}, 'Vybrat obrázek');
obraz=imread(IM)
obraz=rgb2gray(obraz)
obraz2=imcomplement(obraz)
[r,s]=size(obraz2);
Prah = 110;
for ii=1:r
    for jj=1:s
        if obraz2(ii,jj)>=Prah
            obrazek(ii,jj)=255;
        else
            obrazek(ii,jj)=0;
        end
    end
end
```

Dalším krokem je eroze obrazu, dochází k zúžení bílých útvarů. Takto upravený obraz je binarizován, je mu přiřazena logická 1 a 0. Při detekci je zájmová oblast ta, která je rovna 1. Můžou nastat i situace, kdy místo jednoho pixelu na detekovanou oblast je detekováno více pixelů tyto pixely jsou odstraněny

Algoritmus:

```
SE = strel('disk',8,4) ;
obraz3=imerode(obrazek, SE)
BW=im2bw(obraz3);
imshow(BW)
[radky, sloupce]=find(BW==1);
matice=[radky, sloupce]
a=(radky+sloupce)
c=length(a)-1
x=[]
x1=[]
for c1=1:c
    x(c1,:)=abs(a(c1,:)-a(c1+1,:))
end
d=find(x==1);
d1=length(d)
if d1 > 0
    matice(d,:)=[];
end

[r s]=size(matice)
if r<5
    a=r+1:5
    matice(a,:)=0
else r>5
    matice(6,:)=[]
end
```

Posledním krokem je porovnání matice s maticemi vzorů písmen. Matice jsou od sebe odečteny a ta s nejmenším rozdílem odpovídá detekovanému písmenu. Z důvodu rozsáhlosti textu bude zobrazena pouze část algoritmu, pro zbylá písmena je situace obdobná.

Algoritmus:

```
maticeA=[10,10;0,0;0,0;0,0;0,0];
maticeB=[10,10;30,10;0,0;0,0;0,0];
maticeC=[10,10;10,30;0,0;0,0;0,0];
maticeD=[10,10;10,30;30,30;0,0;0,0];
maticeE=[10,10;30,30;0,0;0,0;0,0];
maticeF=[10,10;10,30;0,0;0,0;0,0];

A=abs(maticeA-matice);
B=abs(maticeB-matice);
C=abs(maticeC-matice);
D=abs(maticeD-matice);
E=abs(maticeE-matice);
F=abs(maticeF-matice);

rozhodovani=[sum(sum(A));sum(sum(B));sum(sum(C));sum(sum(D));sum(sum(E));sum(sum(F))]
minu=min(rozhodovani)
pismeno=find(rozhodovani==minu)
pismeno=pismeno(1,:)
switch(pismeno)
case 1
    set(handles.text6,'String','A/1')
case 2
    set(handles.text6,'String','B/2')
case 3
    set(handles.text6,'String','C/3')
case 4
    set(handles.text6,'String','D/4')
case 5
    set(handles.text6,'String','E/5')
case 6
    set(handles.text6,'String','F/6')
case 26
    set(handles.text6,'String','Z')
otherwise
    set(handles.text6,'String','Nelze')
end
```


Realizace programu pro analýzu a detekci Braillova písma

Popis realizovaného uživatelského prostředí pro analýzu a detekci Braillova písma

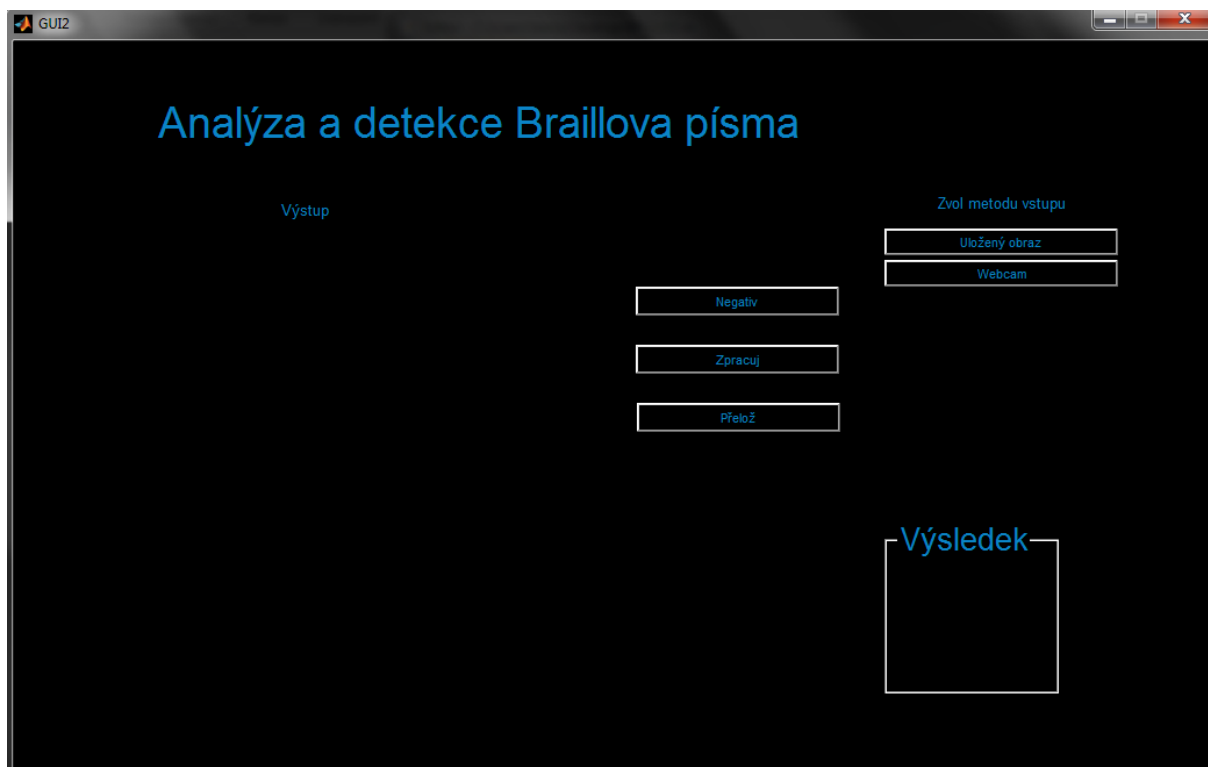
K celkovému vytvoření programu pro zpracování bylo použito grafické rozhraní programu Matlab(dále GUI) pro jeho uživatelskou jednoduchost a přehlednost.

Bylo upuštěno od původní myšlenky použití Simulink z důvodu jeho složitosti pro běžného uživatele a možnosti vnějšího (i nechtěného) zásahu uživatele, který nemusí být seznámen s funkcemi a průběhem programu a tím znehodnocením celého řetězce, který by nemohl pracovat korektně případně by mohlo dojít k jeho úplnému zastavení.

Základem pro samotné zpracování “překladače“ bylo vytvoření vhodného GUI, dostatečně přehledného pro uživatele-amatéra, které zároveň bude splňovat požadavky na program. Na základě těchto vlastností bylo vytvořeno jednoduché GUI (obr.16.), na obrázku je patrné že se jedná pouze o jednoduchý výstup programu bez jediného zásahu uživatele

Dalším krokem je načtení vybraného písma, v programu jsou nabídnuty dvě možnosti vstupu skrze obrázek uložený na libovolném uložišti případně načtení pomocí kamerového záznamu.

V případě výběru již uloženého obrázku bude zobrazeno okno pro výběr obrázku v podporovaných formátech. ([1],[4],[5],[6])

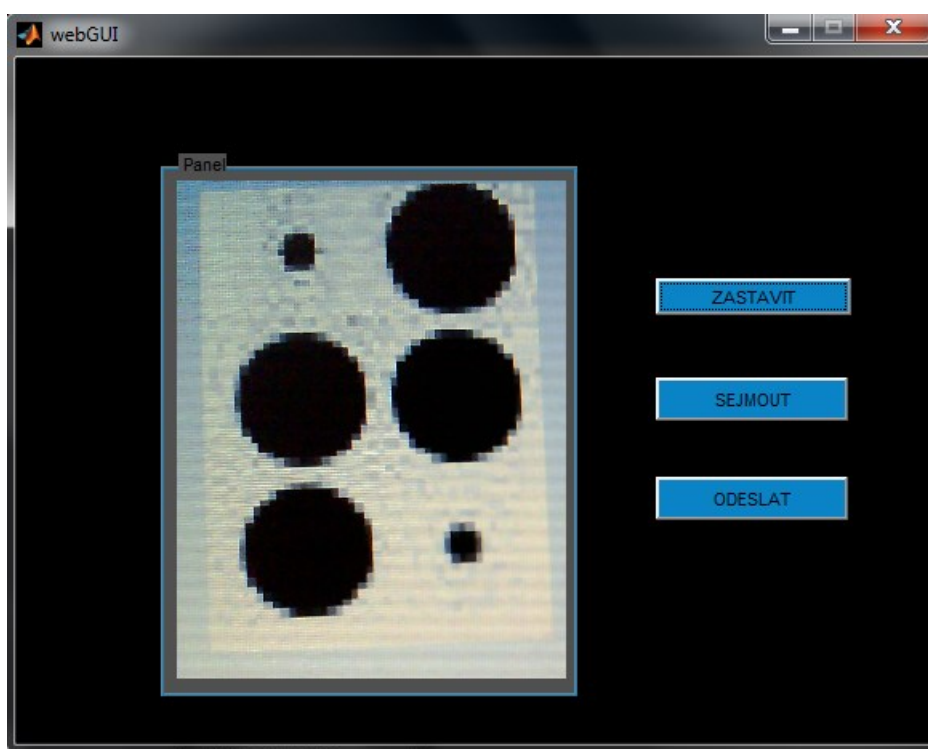


Obr. 16. Základní GUI bez jakýchkoliv zásahů uživatele

Obdobně při použití kamery se zobrazí okno se záznamem(další GUI) který ve vhodný okamžik může být zastaven a přenesen do programu. Samostatné GUI pro kameru je zobrazeno na obrázku 17.

Toto GUI umožňuje vysílat právě nahrávaný záznam, v okamžiku vhodném pro stabilizaci písmene záznam zastavit pomocí tlačítka ZASTAVIT, sejmout zastavený obrázek ve formě jpg souboru a automaticky převést do stupňů šedi pomocí tlačítka SEJMOUT, obraz zobrazený v primárním GUI již tedy nebude barevný a bude připraven pro další zpracování bez zbytečného dalšího zpracování v primárním GUI bakalářské práce.

Po kliknutí na tlačítko ULOŽIT dojde k uložení obrazu mezi další obrázky a lze jej tedy již načíst do hlavního GUI programu.



Obr. 17.ukázka webcam GUI

Po výběru vstupu dojde k zobrazení vybraného/vytvořeného obrázku přímo do programu. Toto zobrazení slouží pouze pro kontrolu správnosti. ([1],[4],[5],[6])

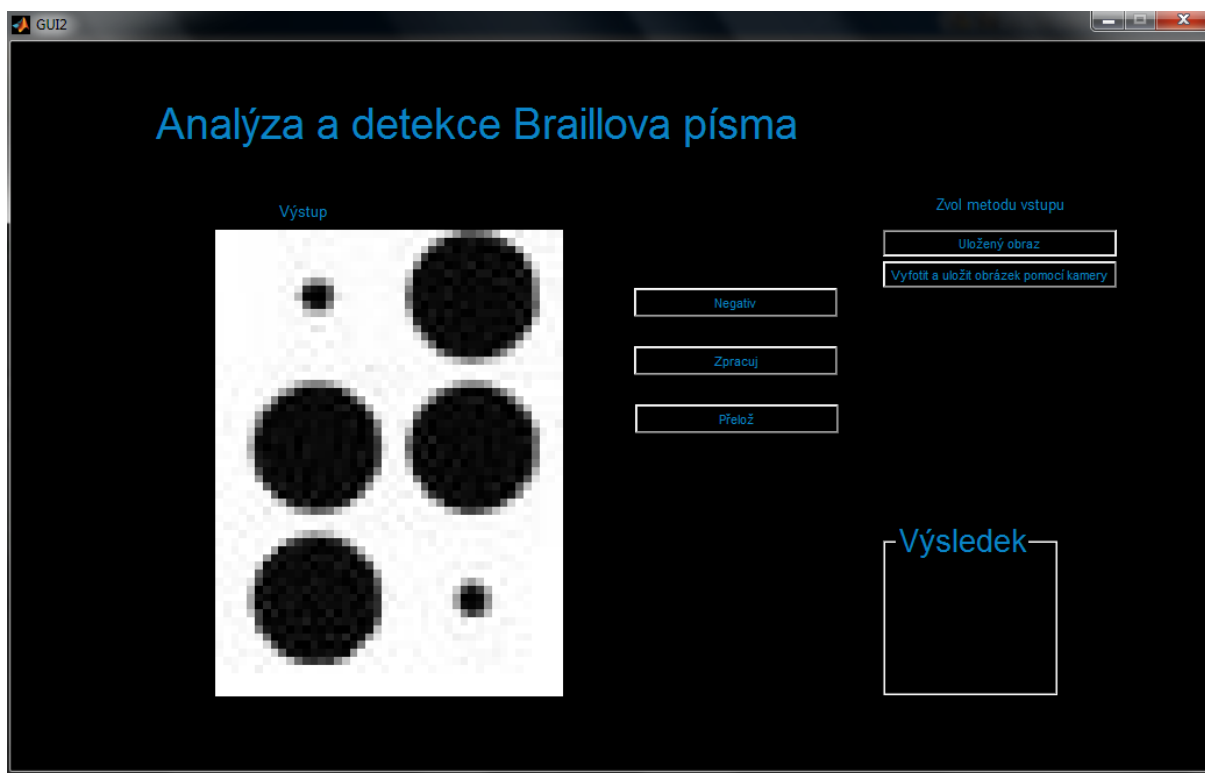
Zpracování

Nyní po výběru a načtení obrazu, který chceme přeložit je možné přistoupit k samostatné analýze obrazu.

Prvním krokem je vytvoření obrázku v odstínech šedé barvy v případě barevných obrázků pro možnost jejich snadnějšího zpracování, tento příkaz je již obsažen v příkazu pro načtení obrazu pro zjednodušení pro uživatele, prvotní načtený obraz je již v odstínech šedi viz obr.18.

Dalším krokem pro zpracování je úprava obrázku pro překlad. K tomuto účelu slouží tlačítko ZPRACUJ, na jehož základě dojde k převedení a zpracování obrázku do tvaru požadovaného pro překlad viz obr.19.

Součástí zpracování je definování velikosti obrázku, stanovení prahu pro převod obrázku v odstínech šedi do černo-bílého zpracování. Dalším bodem je převod do binárního kódu, kdy bude mít konečný výsledek pouze černá a bílá pole, jejichž hodnoty budou nabývat pouze hodnot 1 nebo 0.



Obr. 18.GUI s načteným obrazem

Po převedení obrázku je již možné vytvořit matici vhodnou k samotnému zpracování. Byla zvolena metoda eroze, jejímž principem je zmenšení obrazu, v našem případě do tvaru disku.

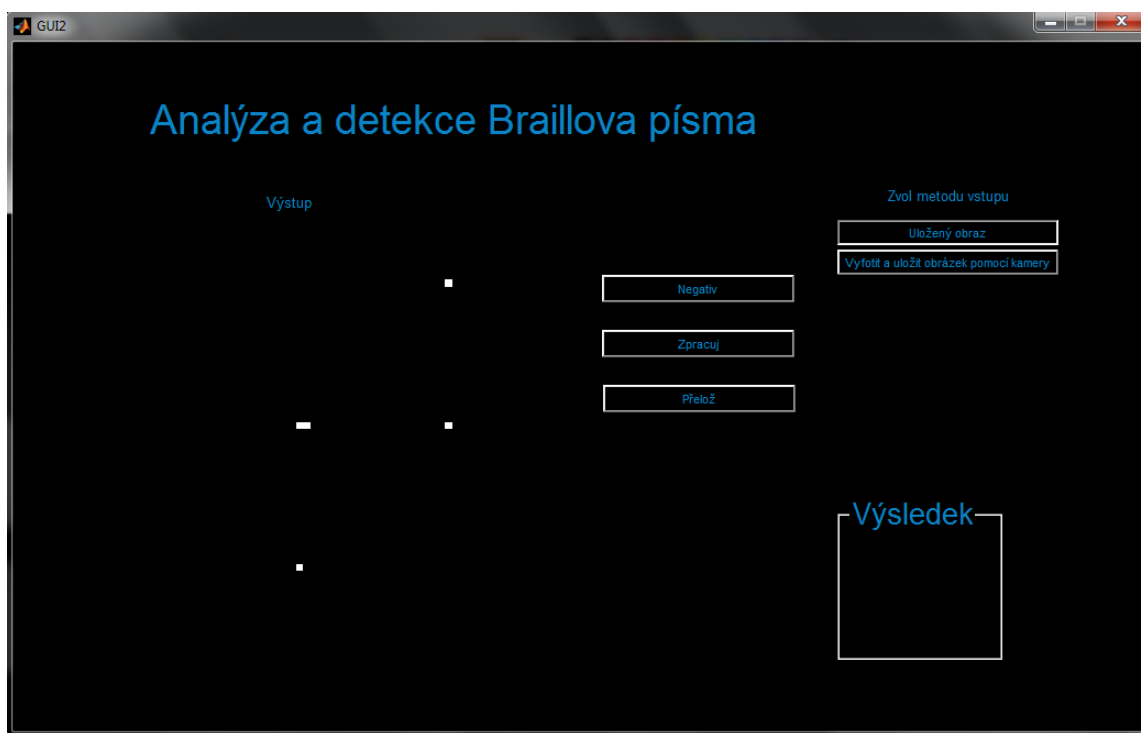
Dalším krokem je již převedení obrazu do Binárního kódu a vyhledání objektů po erozi a jejich zápis do matice, která je poté přeložena. ([2],[3],[4])

Překlad

Po zpracování písmene do požadovaného tvaru lze přistoupit k samotnému překladu. Po stisknutí tlačítka PŘELOŽ se spustí cyklus k přeložení písmene.

Tato problematika byla vyřešena pomocí porovnání dvou matic, z nichž jedna je matice, která byla nalezena v předchozím bodě, druhou maticí je vzor písmene.

Bylo nutné připravit přesně dané vzory pro každé písmeno české abecedy, kdy je každý znak jedinečný rozmístěním svých objektů v obrázku.

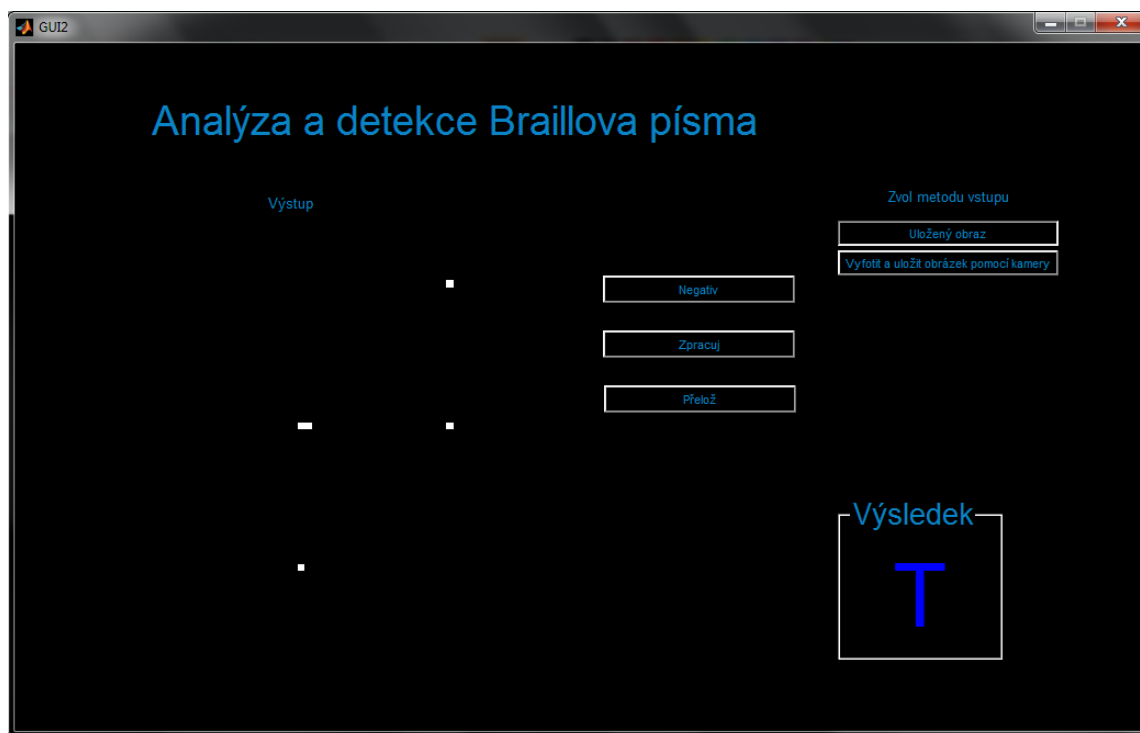


Obr. 19. Ukázka zpracování

Příkaz tedy provádí rozdíl dvou matic, z nichž první je předem definovaný vzor písmene, druhá matice byla zjištěna po zpracování obrazu. Program poté na základě jejich podobnosti vyhodnotí jejich zařazení.

Toto rozdělení bylo provedeno pomocí příkazu Switch. Celý výstup programu lze vidět na obrázku 20.

([4],[6],[8])



Obr. 20. Celkový výstup programu

Verifikace vyvinutého systému pro analýzu a detekci Braillova písma

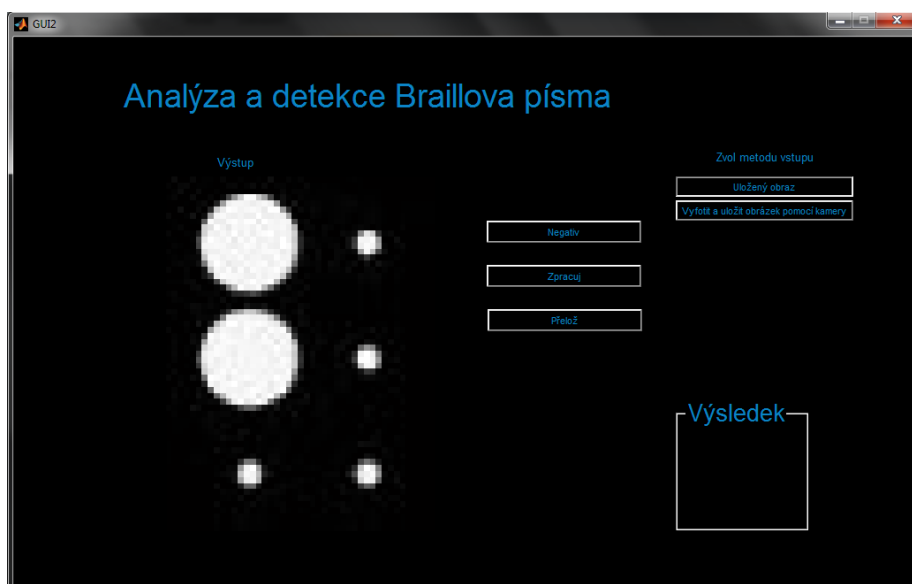
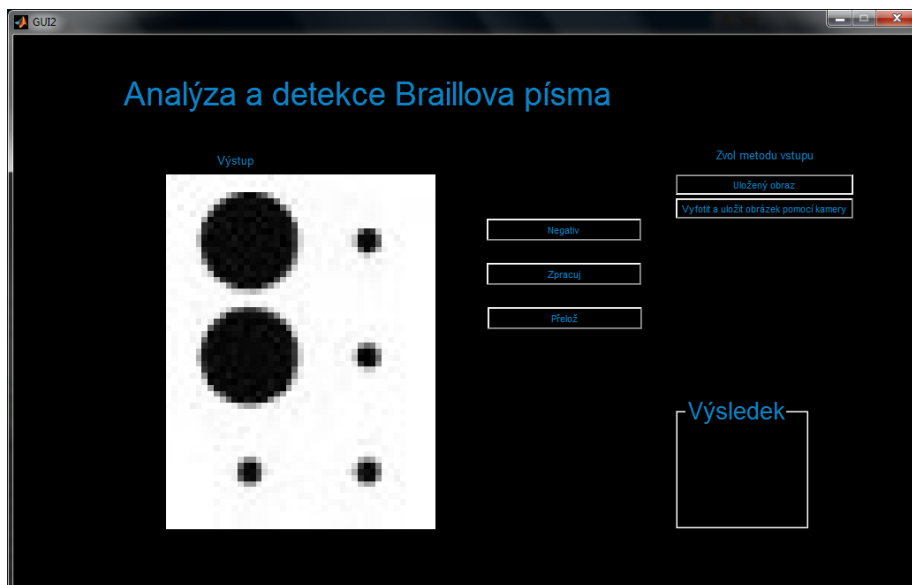
Pro zjištění funkčnosti programu byly analyzovány různé obrazy písmen v několika možných zobrazeních.

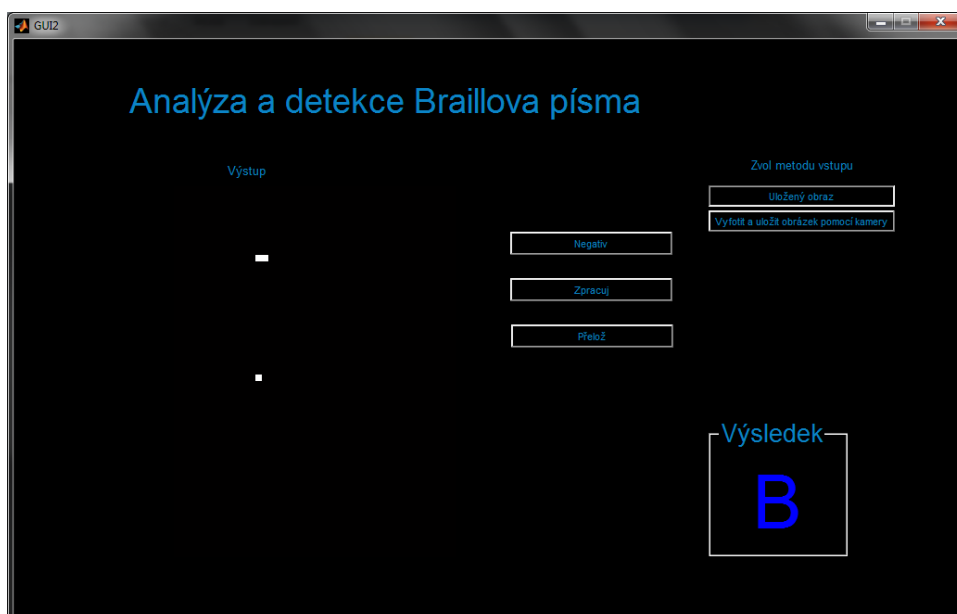
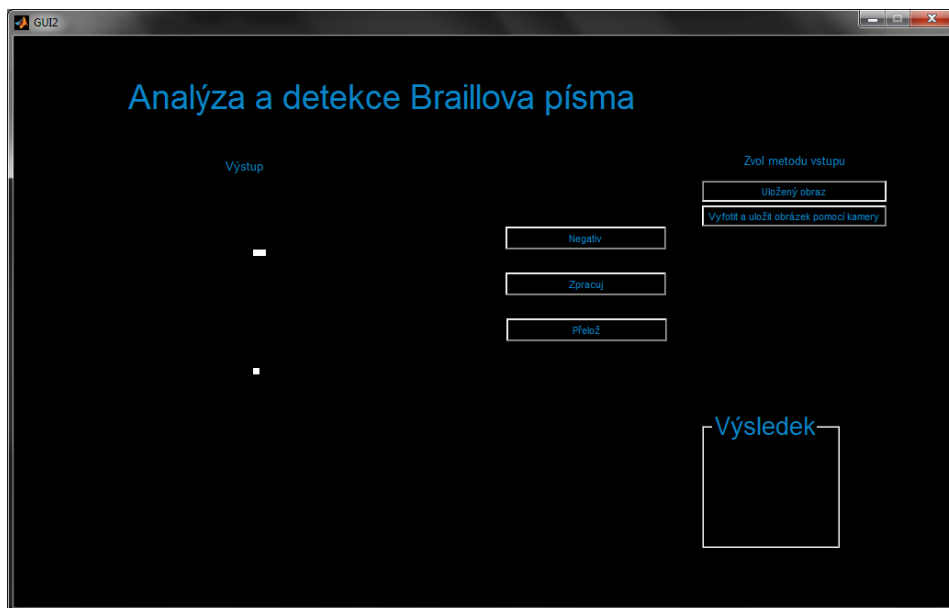
Bylo dosaženo uspokojivých výsledků, kdy překlad probíhá bez obtíží.

Může samozřejmě dojít k chybě programu na základě chybné detekce matice pro porovnání, to převážně v případě, není – li písmeno hladké a obsahuje ve svém okolí neznámé objekty které nebyly erozí zpracovány a zahlazeny.

Pro demonstraci správné funkce programu přikládám zpracování písmene B krok po kroku.

Z důvodů možnosti chybného překladu nebo úplné absence zpracování písmene byla vytvořena analýza 30 různých obrazů, z nichž některé obsahují ideální parametry pro zpracování, jiné jsou hraniční, případně nezpracovatelné, z důvodu jejich známého nízkého kontrastu mezi objekty a pozadím, případně cizími objekty zasahujícími přímo do hledaného obrazu.

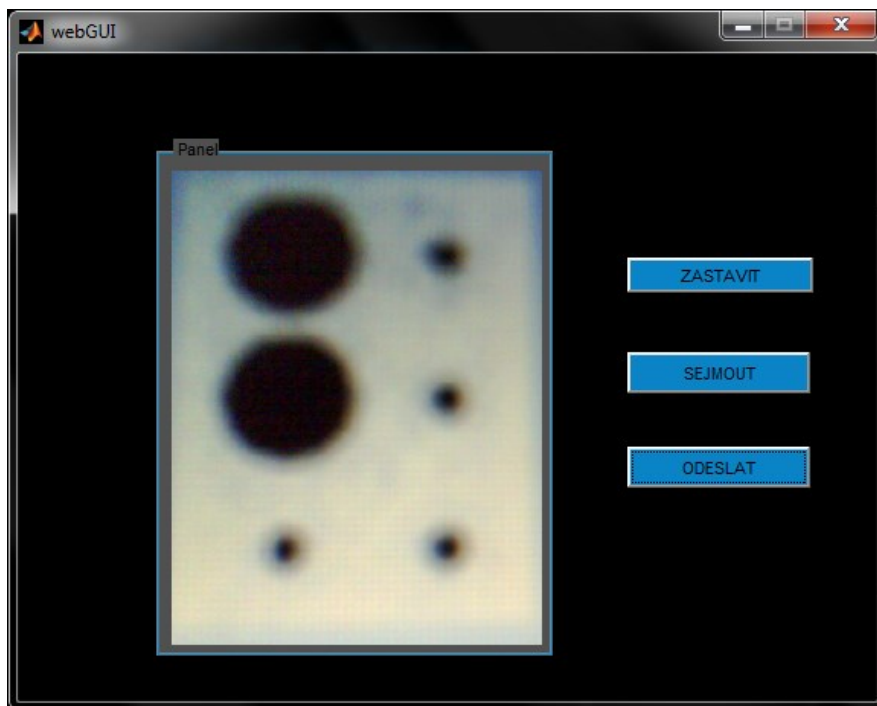




Tímto příkladem bylo zjištěno správné fungování základního programu, načtení obrázku z uložistěa jeho zpracování v samotném programu.

Je nutné ověřit funkčnost vyvolání samostatného okna pro záznam kamery. Po kliknutí pro sejmutí obrázku z webové kamery se vyvolá bez problému okno pro záznam.

Je nutné, aby byla webová kamera zapojena již před spuštěním programu, nelze tedy připojit během aktivního okna.



Dle měření bylo zjištěno, že program překládá jednoduchá písmena i záznam z webové kamery.

Problém může nastat v případě nerovností a drobných fragmentů v záznamu, kdy program může fragment považovat za další objekt v textu a na základě této informace způsobit nepřesný překlad či úplné zastavení programu.

Další problém nastává v případě načtení obrazu přímo z knihy psané Braillovým písmem. Špatný úhel načtení způsobí nedostatek stínu. Program nemůže písmo zpracovat z důvodu nedostatku vstupních argumentů.

Pro větší přehlednost účinnosti programu bylo měření provedeno na 30 vzorcích objektů za různých podmínek výsledky byly zaznamenány v tabulce 1.- viz. přílohy

Z naměřených hodnot lze zjistit pouhou úspěšnost 53%, která je však způsobena hraničními možnostmi obrázků.

Pro obrázky kontrastově výrazné, bez fragmentů zasahujících do hledaných objektů je funkčnost programu 100%. Nezávisle na barvě pozadí a objektů.

Závěr

Cílem práce bylo vytvoření pro analýzu a detekci Braillova písma. K tomuto účelu byl realizován program s grafickým uživatelským rozhraním v Matlab verze R2013a, který z načteného libovolného obrázku daných parametrů automaticky odstraní nedůležité součásti na základě principu eroze a poté obrázek přeloží jako znak Braillovy abecedy v českém jazyce.

Algoritmus pro program se skládá z několika částí. V první části dojde k samotnému výběru písmene a jeho načtení do okna aplikace, jednou z možností je zde možnost mezikroku v případě že písmeno které je potřeba přeložit není uloženo v seznamu obrázků, v tomto případě je zde druhé grafické zobrazení pro práci s kamerou, které umožňuje vyfocení obrázku pomocí webové kamery a jeho uložení do složky s obrázky, odkud lze nový obrázek načíst.

Pro snímání kamerou byla použita kamera Sweex ViewPlus Webcam USB a rozlišení 640x480 pro velmi dobrou viditelnost objektu. Program pro snímání kamerou obsahuje vlastní krátký algoritmus pro načtení a uložení záznamu.

Po načtení vybraného obrázku lze přejít již k zpracování. Pomocí prahování, kde je práh nastaven na hodnotu 110, jsou veškeré hodnoty pod touto hranicí převedeny na hodnotu 0, nad touto hranicí potom na hodnotu 255. Po tomto rozdělení je nutné obraz binarizovat, aby hodnoty nabývaly hodnot 1 a 0, kdy hodnota 1 zastupuje tmavé části obrázku. V tomto kroku je již možné uvažovat o zlepšení, nastavená práh je velmi vysoký a v případě barevných a světlých teček v obrázku nepracuje zcela správně, bylo by vhodné využít možnost nastavení prahu individuálně pro každý obraz.

Pro samotné použití eroze byl použit tvar disku, pro nastavení výstupu matice byly nadefinovány rozměry matice které by vždy měly mít 5 souřadnic pro správný překlad.

Celý překlad byl realizován pomocí předem nadefinovaných vzorů, které obsahují souřadnice jednotlivých znaků, a porovnávají tyto souřadnice s připravenými vzory. Samotný zápis písmene je zpracován pomocí metody switch, která je nejrychlejší možností pro tento program

Z měření vyplývá, že obrázky pro které je program navržen, tedy obrázky s vysokým kontrastem a snadno čitelné funguje program na 100%, bez ohledu na barvu pozadí nebo teček. Z celkové analýzy výsledků zpracování je možné vyčíst, že u objektů, které nesplňovaly tato kritéria nedošlo ke správnému překladu, ke zpracování písmene nedošlo pouze v 5 případech, nepřesný překlad lze objevit i v případech, kdy ke zpracování písmene došlo, kdy je chyba nejčastěji způsobena fragmenty zasahujícími do obrazu, případně špatnou rozlišitelností obrazu.

Celková úspěšnost u 30 vzorků byla 53%

Možností dalšího rozvoje je hlasová navigace pro nevidomé pro dvojitou kontrolu hmatem a sluchem.

V praxi by toto zařízení mohlo fungovat na základě senzoru pohybu, kdy by předčítalo nevidomému na základě jeho pohybu po písmenech slova, kterých se člověk dotkne, mohlo by se jednat o významné zařízení převážně pro osoby, které ztratily zrak následkem úrazu a je třeba tyto osoby navrátit do běžného života v co nejkratším čase.

V případě tohoto zařízení by mohli tito lidé poznávat jednotlivá písmenka pomocí hmatu a v témže okamžiku by bylo písmeno přečteno pro kontrolu, což by znamenalo zapojení dvou smyslů pro člověka, který právě ztratil svůj primární smysl – zrak.

Tato metoda by mohla významně urychlit návrat takto zasažených lidí do běžného života a eliminovat depresivní stavy u těchto jedinců, způsobené právě zásadní změnou v jejich dosavadním životě.

U malých dětí by se toto zařízení mohlo použít asistenty ve formě hry.

Zpracování takového zařízení však vyžaduje vyšší znalosti pracování obrazu a doteku, který se u nevidomých stává primárním smyslem a mělo by k němu být takto přistupováno.

Literatura










- [1] WALEK, P.; LAMOŠ, M.; JAN, J. Analýza biomedicínských obrazů. Analýza biomedicínských obrazů. Brno: 2013. s. 1-138. ISBN: 978-80-214-4792- 9.
- [2] HÁJOVSKÝ, R. Zpracování obrazu v měřicí a řídicí technice učební text : studijní materiály pro studijní obor Měřicí a řídicí technika, Elektronika Fakulty elektrotechniky a informatiky. edited by PUSTKOVÁ, R. , KUTÁLEK, F. Edition ed. Vysoká škola báňská -Technická univerzita: Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2596-0 (CDR).
- [3] HLAVÁČ, Václav a Miloš SEDLÁČEK. [i]Zpracování signálů a obrazů.[/i] 2.přeprac.vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 255 s. ISBN 978-80-01-03110-0.....-3000
- [4] ZAPLATÍLEK, Karel a Bohuslav DOŇAR. MATLAB: tvorba uživatelských aplikací. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-133-0.
- [5] ZAPLATÍLEK, Karel a Bohuslav DOŇAR. MATLAB: začínáme se signály. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-200-0.
- [6] ZAPLATÍLEK, Karel a Bohuslav DOŇAR. MATLAB pro začátečníky. 2. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-175-6.
- [7] LOPÚCHOVÁ, JANA. Základy pedagogiky zrakovo postihnutých. ZÁKLADY, 2011, 73.
- [8] VAVREČKA, Martin; FOJTÍK, Mgr Rostislav. Transkripce Braillova písma.
- [9] JESENSKÝ, Ján. Metodika výcviku čtení a psaní nevidomých. 2. vyd. Praha: Aeterna, 1992, 159 s. ISBN 80-900-9500-3.
- [10] SMÝKAL, Josef. Pohled do dějin slepeckého písma. Praha: Česká unie nevidomých a slabozrakých, 1994, 112 s.
- [11] JURČÍKOVÁ, Monika. Hmatem k poznání. 2010.
- [12] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. 1. vyd. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-404-0.













Přílohy










Příloha na CD/DVD

Obsah přílohy: Matlab program pro zpracování a překlad písmene

Příloha: tabulka 1- Tabulka zpracovaných výsledků pro analýzu a detekci Braillova písma

Tabulka zpracovaných výsledků pro analýzu a detekci Braillova písma						
číslo pokusu	Objekt	Krátký popis objektu	Zpracováno	Přeloženo	Úspěšnost	Důvod chyby
1		tmavé objekty bílé pozadí	ano	ano	100%	x
2		červené objekty bílé pozadí	ano	ano	100%	x
3		velmi světlé objekty světlé pozadí	ano	ne	50%	nízký kontrast pro rozdělení
4		tmavé objekty ohraničené další možné lokace	ano	ano	100%	x
5		celý objekt zúžen, červená barva	ne	ne	0%	nemožnost detekovat
6		červené objekty bílé pozadí	ano	ano	100%	x
7		vystouplý objekt	ano	ne	50%	překlad nepřesný, matice minimální hodnoty
8		tmavé objekty, ohraničení objektu i celého vzoru	ne	ne	0%	ohraničení celého objektu
9		pouze ohraničení objektů	ne	ne	0%	úplné zastínění objektu

10		vystouplý velmi světlý text	ano	ne	50%	příliš nízký kontrast
11		tmavé objekty, ohraničení objektu i celého vzoru	ne	ne	0%	ohraničení celého objektu
12		modré pozadí, bílé objekty	ano	ne	50%	rozmístění příliš daleko
13		vystoupplé kovové objekty, lesk	ano	ne	50%	při zpracování vysoký rozptyl
14		bílé objekty, modré pozadí	ano	ne	50%	mnoho světlých objektů v příliš malé vzdálenosti
15		vystoupplý špatně viditelný objekt	ano	ne	50%	během zpracování velké výkyvy
16		vystoupplý kovový objekt, lesk	ano	ne	50%	příliš tmavé, nízký kontrast
17		tmavé pozadí, bílé objekty	ano	ano	100%	x
18		kovový, velmi lesklý objekt	ano	ne	50%	rozptyl během zpracování
19		tmavé objekty, bílé pozadí	ano	ano	100%	x
20		rozmazaný, vystoupplý objekt	ne	ne	0%	nemožnost zpracování
21		velmi světlé objekty, bílé pozadí	ano	ano	100%	x

22		tmavé pozadí, bílé objekty, blízkost popisu	ano	ne	50%	blízkost písmene k objekt
23		kovový, velmi lesklý objekt	ne	ne	0%	vysoký rozptyl
24		velmi světlé objekty, bílé pozadí	ano	ano	100%	x
25		tmavé objekty, bílé pozadí	ano	ano	100%	x
26		lesklé, vystouplé, posunuté objekty	ano	ne	50%	posun objektu
27		bílé objekty, černé pozadí blízkost textu	ano	ne	50%	blízkost písmene k objekt
28		světlé objekty, černé pozadí, zelené ohraničení	ano	ne	50%	zelené ohraničení
29		zmenšené objekty, velmi lesklé, kovové	ano	ne	50%	lesk
30		objekty zvýrazněné, úhel	ne	ne	0%	chybný úhel, nelze

Tabulka 1. Porovnání výsledků zpracování písmene navrženým algoritmem